Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 2, May-June 2021, p. 179-188

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۴۰۰، ص. ۱۸۸-۱۷۹

مقاله پژوهشی

اثرات اصلاح کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان

رضا چمنی[۱]- محمود آذری[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷

چکیده

رشد سریع جمعیت و نیازهای فزاینده بشر به منابع مختلف سبب استفاده بیش از حد از اراضی، تغییر کاربری‌ها و تبدیل آن‌ها به اراضی کم بازده، باعث تغییر در وضعیت هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز شده است. در دهه‌های اخیر استفاده از اراضی بر حسب قابلیت یکی از رهیافت‌های مناسب جهت تعدیل و بهبود عملکرد هیدرولوژیکی آبخیزها شناخته شده است اما اثرات هیدرلوژیکی این تغییرات در حوضه‌های مختلف با تنوع کاربری و شرایط هنوز به درستی شناخته نشده است. از این رو این پژوهش به دنبال بررسی اثر اصلاح کاربری اراضی بر وضعیت هیدرولوژی حوضه آبخیز چهل‌چای در استان گلستان می‌باشد. به این منظور از مدل هیدرولوژی J2000 برای شبیه‌سازی هیدرولوژی حوضه استفاده شد. در این راستا مدل با استفاده از داده های هیدرومتری ایستگاه خروجی حوضه برای دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ واسنجی و اعتبار سنجی شد. در مرحله بعد با داده‌های اقلیمی دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۲ اثر اصلاح کاربری حوضه در اجزاء هیدرولوژی حوضه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از اراضی متناسب با قابلیتشان باعث کاهش رواناب سطحی به میزان ۱۲/۹۹٪، رواناب زیر سطحی به میزان ۵/۲۵٪ و افزایش ۱/۷۵ درصدی نفوذ آب در خاک گردیده است. با کاهش رواناب سطحی و افزایش آب‌های زیرزمینی، میزان تخلیه حوضه در خروجی ۴/۲۲٪ کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: حوضه آبخیز چهل‌چای، قابلیت اراضی، گلستان، مدل هیدرولوژیکی J2000، هیدرولوژی

مقدمه

در طی دهه‌های گذشته، میلیون‌ها هکتار از اراضی مرغوب به کاربری‌های دیگر و کم بازده تبدیل شده‌اند (۹) که می‌تواند پیامدهای ناخوشایندی در هیدرولوژی حوضه آبخیز به همراه داشته باشد (۱۴). تجزیه و تحلیل پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوضه‌های مختلف نسبت به تغییر کاربری اراضی، نشان داده است استفاده صحیح از اراضی متناسب با پتانسیل سرزمین باعث تعادل در وضعیت هیدرولوژی حوضه می‌گردد (۱). کاربری اراضی و نوع و تراکم پوشش گیاهی از طریق تغییر در رطوبت، مواد آلی و ساختمان خاک نقش مؤثری در نفوذپذیری و کاهش رواناب دارد. خصوصیات هیدرولوژی حوضه شامل زمان تمرکز، تبخیر و تعرق، کیفیت آب، رواناب سطحی، مدت و حجم جریان پایه، میانگین جریان سالانه و کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی در اثر تغییر کاربری زمین، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۱۳، ۱۸، ۲۱، ۲۵ و ۳۲). همچنین عدم استفاده مناسب از اراضی باعث افزایش فرسایش، کاهش حاصل‌خیزی و ایجاد تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نیز می‌گردد (۹). پاسخ هیدرولوژیکی حوضه به تغییر کاربری اراضی رفتار غیر خطی دارد. مطالعات مختلف نشان داده که شرایط آستانه در اکثر سیستم‌های هیدرولوژیکی وجود دارد و عبور از شرایط آستانه موجب شتاب سریع یا تسریع روند پاسخ‌های مرتبط می‌شود. لذا با استفاده اصولی از اراضی می‌توان آستانه‌ها را افزایش داد (۲۹). در گذشته، برای بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی در هیدرولوژی حوضه، از حوضه‌های زوجی استفاده می‌شد با این حال، این روش ضمن صرف هزینه و زمان زیاد، قابل استفاده در حوضه‌های بزرگ نیست (۴). از این رو، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی برای بررسی سناریوهای کاربری اراضی و تاثیرات هیدرولوژیکی آن گسترش یافت (۱۱). در این میان مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی با توجه به توصیف فیزیکی از تولید رواناب و اثرات کاربری‌های مختلف در هیدرولوژی از محبوبیت بیش‌تری

---

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.azari@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.2021.15022.0

برخوردار می‌باشند (۲۳) برای مثال با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژی در حوضه Elbow در جنوب کانادا، کاهش ۲۸ درصد جنگل‌های خزان‌کننده و ۶ درصد جنگل‌های همیشه سبز، افزایش ۷/۳ درصد رواناب سطحی و کاهش ۱۳/۲ درصد جریان پایه را به همراه داشته است (۲۷). در پژوهشی در منطقه شرقی آفریقا، مشخص شد کاهش جنگل، رواناب سطحی و دبی اوج را به ترتیب ۱۶ و ۴۵ درصد افزایش داده است در حالی‌که جریان‌های کمینه به میزان ۷-۵ درصد کاهش یافته است. از طرفی با افزایش وسعت جنگل دبی سالانه و رواناب سطحی به ترتیب ۱۳ و ۲۵ درصد کاهش داشته است (۸). همچنین نتایج ساج کومار و همکاران (۱۹) در هند نشان داد با کاهش اراضی جنگلی به میزان ۳۲ درصد، دبی اوج حوضه ۱۵درصد افزایش داشته است. ژانگ و همکاران (۳۰) نیز بیان کردند با احیای جنگل‌ها و بهبود اراضی کشاورزی در چین، رواناب سطحی به میزان ۲۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش یافته است. سلمانی و همکاران (۲۰) با بررسی تأثیرات تغییر کاربری اراضی بر بیلان آبی حوضه آبخیز قزاقلی استان گلستان نشان دادند که اصلاح کاربری حوضه باعث کاهش رواناب از طریق افزایش نفوذپذیری، آب‌گذری به آبخوان سطحی و عمیق و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود. از طرفی با تخریب منطقه مقدار رواناب افزایش یافته و مقادیر نفوذپذیری، آب‌گذری به آبخوان سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند. وهاب‌زاده و همکاران (۲۴) با بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی در حوضه آجرلو در آذربایجان غربی دریافتند که در ۳۳ سال گذشته اراضی مرتعی ۳۷/۶۵ درصد کاهش یافته و اراضی زراعی و بدون پوشش به ترتیب ۵۷/۲۷ و ۳۹/۹۸ درصد افزایش داشته است که موجب افزایش ۸۶/۸ درصدی دبی اوج و ۱۲/۷ درصد حجم رواناب شده است.

با توجه به مطالعات انجام شده نقش تغییر کاربری اراضی بر هیدرولوژی حوضه های آبخیز به عوامل متعددی از قبیل نوع تخریب جنگل، میزان تخریب، نوع گونه، شرایط آب و هوایی و وضعیت هیدروژئولوژی حوضه بستگی دارد. از این رو هدف اصلی این پژوهش بررسی نقش اثر اصلاح کاربری اراضی و رعایت تناسب و قابلیت اراضی بر بخش‌های مختلف چرخه هیدرولوژی حوضه چهل چای در استان گلستان در شمال ایران می‌باشد. اهداف جزئی تحقیق شامل مدل‌سازی هیدرولوژی حوضه و بررسی الگوی تغییرات زمانی اجزاء هیدرولوژی حوضه می‌باشد. حوضه آبخیز گرگان‌رود که حوضه چهل چای بخشی از آن می‌باشد به عنوان یک مرکز جمعیتی و کشاورزی در استان گلستان با تغییرات چشم‌گیر در جنگل‌زدایی و تبدیل به اراضی زراعی مواجه شده است. کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع و تبدیل به اراضی زراعی بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۴ به شدت افزایش یافته است (۱۴). تبدیل اراضی عموماً بدون توجه به قابلیت‌ها و توانایی‌های آن‌ها می‌باشد و باعث ایجاد خسارت و آسیب‌های جدی شده است (۲۲).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

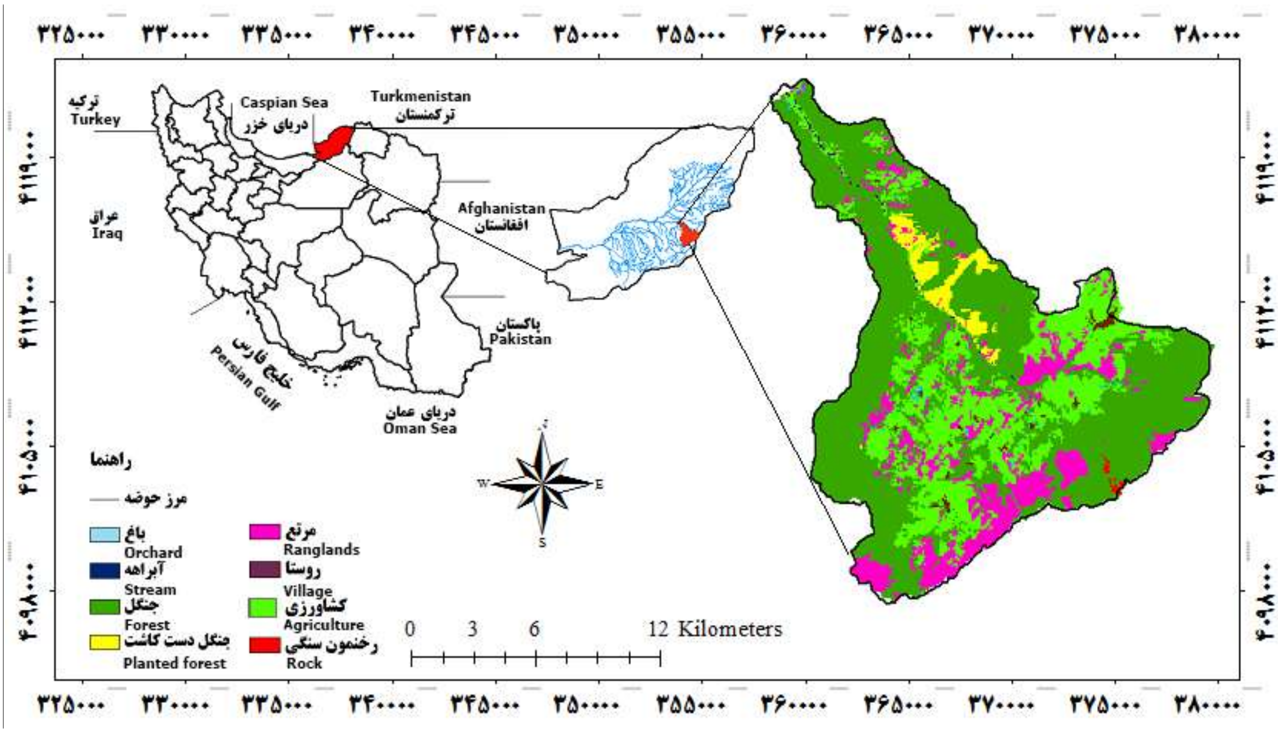
حوزه آبخیز چهل‌چای به مساحت ۲۵۶۸۱ هکتار یکی از زیر حوضه‌های بزرگ حوضه آبخیز گرگانرود می‌باشد (شکل ۱). ارتفاع متوسط حوضه ۹۵۱ متر است که کم‌ترین ارتفاع حوضه در شمال حوضه (۱۹۰ متر) و بیش‌ترین ارتفاع حوضه (۲۵۷۰ متر) در جنوب حوضه ثبت شده است. همچنین متوسط شیب حوضه ۳۷ درصد می‌باشد (۲). جهت غالب حوزه آبخیز مورد مطالعه شمال غربی است. منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای مرطوب با متوسط بارندگی سالانه ۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد. حوضه چهل‌چای دارای ۸ نوع کاربری اراضی می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ بیش‌ترین کاربری حوضه جنگل (۵۷/۰۹٪) و سپس اراضی کشاورزی (۲۵/۰۴٪) و اراضی مرتعی (۱۳/۳۰٪) می‌باشد. این حوضه، فعالیت‌های انسانی و تخریب جنگل را طی دهه‌های گذشته تجربه کرده است و منجر به تغییرات گسترده و تأثیرات قابل توجه بر روی رواناب حوضه شده است (۷).

مدل هیدرولوژی J2000

مدل J2000 یک مدل هیدرولوژیکی فرآیندگرا و توزیعی برای حوضه‌های کوچک و بزرگ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که با هدف پاسخگویی به چالش‌های موجود در مدیریت پایدار منابع آب توسط دانشگاه Friedrich Schiller University Jena کشور آلمان ارائه شده است (۸). هیدرولوژی حوضه در این مدل به بخش‌های گیرش، آب خاک، آب زیرزمینی، روندیابی جریان، روندیابی جانبی، بخش بارش (برف و باران) تفکیک شده است. در مدل J2000 برای تعیین گیرش بارش (برف و باران) از روش دیکنسون (۳) استفاده شده است (۱۰). با استفاده از این الگوریتم، حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی پوشش گیاهی توسط ضریب شاخص سطح برگ[1] محاسبه می‌شود. تقریباً تمامی فرآیندهای چرخه هیدرولوژیکی در مدل توسط بخش خاک کنترل می‌شود که نقش توزیع و تنظیم را بر عهده دارد. از آنجا که J2000 جریان آب را در مراحل زمانی روزانه شبیه¬سازی می‌کند،

الگوریتم‌های با پایه فیزیکی مانند معادله ریچارد[2] یا مدل گرین-آمپت[3] را نمی‌توان مورد استفاده قرار داد. لذا در مدل، برای محاسبه رواناب، از ۳ مقدار نفوذ در تابستان، زمستان و مناطق پوشیده از برف استفاده می‌شود که توسط کاربر تعیین می‌گردد (۱۰).

1- Leaf Area Index (LAI)
2- Richard’s equation
3- Green-Ampt model



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و کاربری آن در استان گلستان و ایران

Figure 1- Location of the study area and its land use in Golestan province and Iran

آب زیرزمینی در این مدل به بخش بالایی آبخوان (RG1) شامل مواد هوازده با نفوذپذیری بالا و بخش پایینی آبخوان (RG2) شامل شکستگی‌ها و درز و شکاف در سنگ بستر تفکیک می‌گردد. زمان اوج، سرعت انتقال و محاسبه جریان از پدیده‌های جریان درکانال می‌باشد که با توجه به روابط مانینگ و استریکلر محاسبه می‌شود. در سیستم مدل سازیJ2000 زمان حرکت و تخلیه رواناب توسط ضریب روندیابی کنترل می‌شود و نوع بارش نیز بر اساس دمای هوا تعیین می‌شود. به منظور تعیین مقدار برف و باران، دو دمای آستانه در نظر گرفته می‌شود. در بخش برف مراحل مختلف تجمع، دگردیسی و ذوب برف محاسبه می‌شود. برای اجرای مدل J2000، داده‌های اقلیمی بارش، دمای کمینه و بیشینه، سرعت باد، رطوبت نسبی و مطلق و ساعت آفتابی در مقیاس روزانه مورد نیاز است. از دیگر ورودی‌های مدل پارامترهای خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و پوشش گیاهی می‌باشد که برای معرفی خصوصیات هیدرولوژی حوضه استفاده می شود (۱۰). برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل نیز امکان تنظیم ۳۶ پارامتر با روش‌های مختلف بهینه‌سازی پارامترها امکان‌پذیر است.

تهیه داده‌های ورودی مدل

برای اجرای مدل J2000 داده‌های اقلیمی و داده‌های مکانی حوضه مورد نیاز است. در این پژوهش داده‌های هواشناسی (بارش روزانه، حداکثر دمای روزانه، حداقل دمای روزانه) ایستگاه‌های محدوده حوضه برای سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴ از اداره کل هواشناسی استان گلستان اخذ گردید (جدول ۱). مدل رقومی ارتفاع حوضه (DEM) با وضوح تصویر ۳۰ متر از پایگاه اینترنتی سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده برای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. سپس با استفاده از نقشه خاک حوضه اطلاعات بافت خاک به مدل HYDRUS2-1D وارد شد تا اطلاعات مورد نیاز حرکت آب در خاک بدست آید. مدل HYDRUS2-1D برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک استفاده می‌شود و برای این منظور از معادله ریچارد برای حرکت آب در خاک همراه با جذب ناشی از ریشه گیاهان استفاده می‌کند (۲۶). برای بخش کاربری اراضی، داده‌های کاربری‌های مختلف شامل تابش از سطح برگ[1]، حداقل مقاومت سطح برای خاک اشباع[2] از آب برای هر ماه، شاخص سطح برگ برای ۴ دوره رشد، ارتفاع پوشش مؤثر برای ۴ دوره رشد و عمق ریشه گیاه از نقشه کاربری اراضی حوضه و مطالعات انجام شده توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان در سال ۱۳۹۲ استخراج شد (۷).

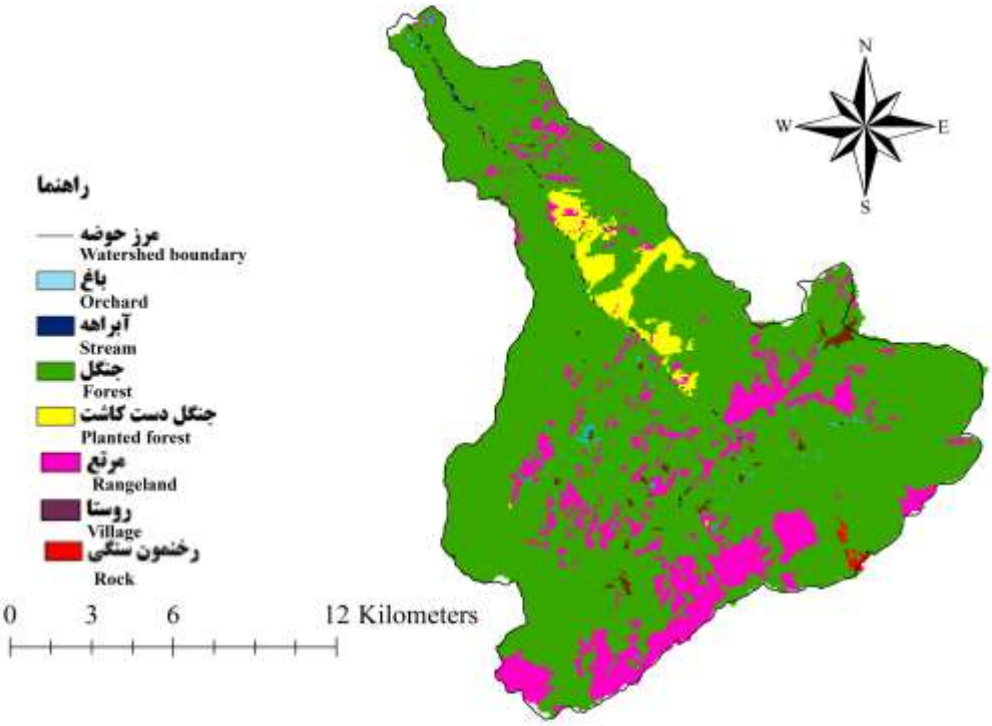
1- Radiation from the leaf surface

2- Minimum surface resistance for water-saturated soil

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضه چهل‌چای

Table 2- Information of meteorological and hydrometric stations of Chehel Chay basin

ایستگاه Station	نوع ایستگاه Station type	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
Galikesh گالیکش	باران سنجی Rain gauge	4125605	361087
Gonbad گنبد		4124136	339745
Khormalu خرمالو		4104721	345922
Gonbad گنبد		4124181	337405
Farsyan فارسیان		4121210	376002
Tilabad تیل آباد	تبخیر سنجی Evaporation gauge	4086378	363955
Farsyan فارسیان		4121210	376002
Narab نرآب		4097656	374172
Lezireh لزوره	هیدرومتری Hydrometry	4121182	358253



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی اصلاح شده حوضه چهل چای

Figure 2- Modified land use map of Chehelchay watershed

حداکثر ظرفیت ذخیره‌سازی در بخش بالایی و پایینی آبخوان و ضریب نفوذ با توجه به نوع سازند زمین شناسی حوضه تعیین گردید. در مرحله بعدی با توجه به وضعیت خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، اقلیمی و شیب حوضه واحدهای همگن هیدرولوژیکی به صورت فایل HRU[1] تعریف و به مدل معرفی شد. در حوضه چهل‌چای در دهه‌های اخیر به دلایل مختلف بخش زیادی از مناطق جنگلی نابود شده و به اراضی کشاورزی تبدیل شده است. در این مطالعه نقشه کاربری اراضی حوضه با فرض تبدیل اراضی کشاورزی به اراضی جنگلی تهیه و به مدل معرفی شد (شکل ۲).

1- Hydrological Response Unit

جدول ۲- ضرایب کارایی مدل برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

Table 2- Model performance coefficients for calibration and validation periods

آماره Criteria		دوره واسنجی Calibration	دوره اعتبارسنجی Validation	کل دوره Total
ضریب نش-ساتکلیف Nash–Sutcliffe Efficiency Index	ماهانه Monthly	0.74	0.78	0.72
	روزانه Daily	0.5	0.63	0.5
ضریب تبیین (R^2) Coefficient of determination	ماهانه Monthly	0.71	0.7	0.75
	روزانه Daily	0.5	0.67	0.5

نتایج و بحث

واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژی J2000

برای شبیه‌سازی هیدرولوژی، حوضه چهل‌چای به ۲۰۱۳ واحد پاسخ هیدرولوژیکی تقسیم شد. سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ به عنوان دوره شبیه‌سازی انتخاب شد. در این پژوهش دبی روزانه ایستگاه خروجی حوضه برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۲ به عنوان دوره واسنجی و سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۱ به عنوان دوره اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور واسنجی مدل، دامنه ۲۸ پارامتر منتخب براساس منابع تعیین شد (۸). در جدول ۲ نتایج آماره‌های واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای دوره شبیه‌سازی ارایه شده است. ضریب تبیین (R^2) برای دوره واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۸۳ می‌باشد. با توجه به ضریب نش- ساتکلیف به‌دست آمده در جدول ۲ و طبق معیار کیفی ارایه شده توسط موریاسی و همکاران (۱۵)، کارایی مدل در رتبه "خوب" قرار گرفته است و قابلیت استفاده در تحقیق حاضر را دارا می‌باشد.

تغییرات ماهانه اجزاء هیدرولوژی حوضه

پس از تایید کارایی مدل نهایی، مدل با نقشه کاربری اراضی حال و نقشه اصلاح شده برای دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۹۲ اجرا شد. درصد تغییر بخش‌های مختلف هیدرولوژی حوضه برای ماه‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۳ مقدار رواناب سطحی و تا حدودی رواناب زیر سطحی در تمام ماه‌ها کاهش داشته است که این مقدار کاهش برای رواناب سطحی از ۲/۲۶ درصد در ماه ژوئن تا ۲۸/۳۸ در ماه دسامبر متغیر است. در تحقیق که توسط لیو و همکاران (۱۲) در چین انجام شده است به این موضوع اشاره شده است که پوشش‌های جنگلی با افزایش میزان تاج پوشش باعث کاهش رواناب سطحی می‌شود همچنین ژانگ و همکاران (۳۰) نیز کاهش ۲۰ تا ۱۰۰ درصدی مقدار رواناب سطحی را در اثر توسعه جنگل گزارش کرده‌اند. همچنین فولن (۹) و ات و هلنبروک (۱۶) نیز افزایش تاج پوشش، گسترش بیش‌تر ریشه، افزایش برگاب و هوموس را دلیل کاهش رواناب سطحی حوضه در اثر جنگل کاری عنوان نموده‌اند.

نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار نفوذ آب به سفره‌های زیرزمینی مثبت بوده به طوری که بیش‌ترین نفوذ به آب‌های زیرزمینی به مقدار ۱/۷۲-۰/۸۳ درصد برای بخش آبخوان بالایی (RG1) و به میزان کمتر (۰/۵۲-۰/۴۸ درصد) برای آبخوان تحتانی (RG2) مشاهده شده است. مطالعات ویجزکارا و همکاران (۲۷) نیز نشان می‌دهد با تغییر کاربری و استفاده از کاربری‌های مناسب، میزان نفوذ به آب‌های زیرزمینی افزایش خواهد یافت که موید نتایج این پژوهش می‌باشد. ژو و لی (۳۳) نیز معتقداند با اصلاح کاربری اراضی مقدار آب‌های زیرزمینی حوضه افزایش می‌یابد. نتیجه تغییرات در بخش‌های مختلف سبب شده است که مقدار جریان دبی ماهانه حوضه چهل‌چای به طور متوسط ۴/۵ درصد کاهش داشته باشد که این کاهش از ۰/۱۳ درصد در ماه ژوئن تا ۹/۲۶ درصد در ماه دسامبر متغیر است. توسعه جنگل و به تبع آن رشد ریشه درختان در خاک سبب افزایش میزان تخلخل و نفوذپذیری خاک می‌شود، به طوری‌که منافذ بزرگ (satLPS[1]) در خاک افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده بیش‌ترین مقدار ریشه درختان و پوشش‌های گیاهی در منافذ متوسط خاک قرار دارند (۱۰). در تابستان که میزان رشد و نمو و تعرق از سطح گیاهان افزایش می‌یابد، آب بیش‌تری توسط گیاهان مصرف شده و از دسترس خارج می‌گردد لذا در ماه‌های آوریل تا جولای میزان فضای خالی در منافذ متوسط خاک (satMPS) نیز افزایش یافته، به طوری‌که در این ماه‌ها بین ۰/۵ تا ۱/۶۹ درصد منافذ خالی در منافذ متوسط خاک افزایش داشته است ولی در دیگر ماه‌های سال کاهش یافته است.

1- Large Pore Storage Saturation

جدول ۳- درصد تغییر اجزاء هیدرولوژی حوضه در اثر اصلاح کاربری حوضه نسبت به کاربری حاضر در دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۲
Table 3- Monthly changes (%) of hydrological components of the basin of the land use scenario compared to the current land use in the period 2014-1992

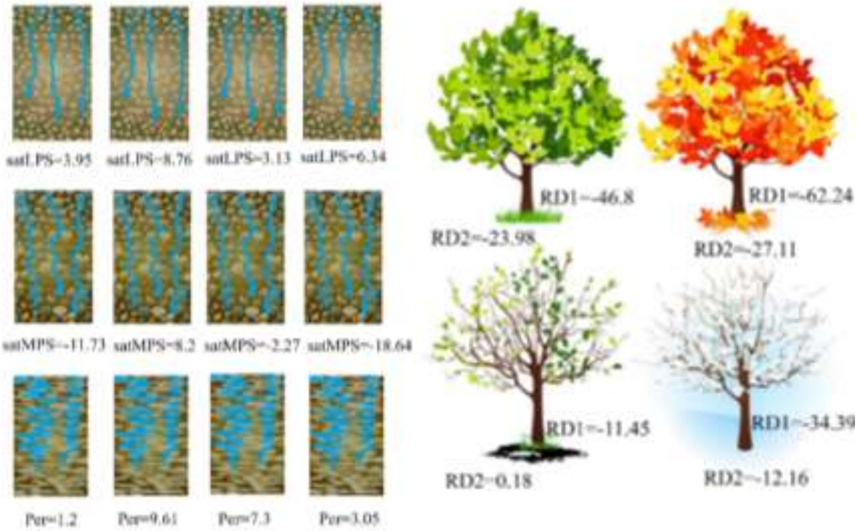
ماه Month	آب‌های زیرزمینی بخش۲ RG2	آب‌های زیرزمینی بخش۱ RG1	رواناب زیر سطحی RD2	رواناب سطحی RD1	ظرفیت اشباع منافذ بزرگ SatLps(%)	ظرفیت اشباع منافذ متوسط SatMps(%)	نفوذ عمقی Percolation	دبی Discharge
Jan	0.48	1.18	-5.67	-16.33	1.44	-4.82	0.56	-6.28
Feb	0.48	1.03	-4.01	-10.27	1.21	-4.31	0.27	-5.50
Mar	0.51	0.88	-2.48	-7.79	1.30	-2.60	0.37	-4.61
Apr	0.48	0.83	-0.84	-5.69	2.48	0.50	1.72	-3.18
May	0.50	1.10	1.28	-3.50	3.07	3.79	3.57	-1.12
Jun	0.50	1.49	-0.26	-2.26	3.21	3.91	4.32	-0.13
Jul	0.52	1.70	-4.97	-6.26	0.94	1.69	2.76	-1.38
Aug	0.52	1.69	-9.03	-20.45	0.29	-0.85	1.98	-5.58
Sep	0.52	1.72	-9.98	-20.09	1.90	-3.11	2.56	-4.38
Oct	0.49	1.38	-8.57	-10.03	2.20	-3.59	1.50	-2.74
Nov	0.51	1.41	-10.13	-23.83	1.96	-6.86	1.16	-6.60
Dec	0.52	1.30	-8.41	-28.38	2.18	-8.19	0.39	-9.26

با تغییر پوشش گیاهی از کشاورزی به جنگل و افزایش ذخیره آب در خاک، میزان نفوذ به آب‌های زیرزمینی نیز افزایش داشته و در ماه‌های می و ژوئن به بیش‌ترین میزان نفوذ می‌رسد (جدول ۳). زمانی که منافذ متوسط از آب اشباع باشد، آب در منافذ بزرگ باقی می‌ماند. لذا با افزایش ذخیره آب در منافذ بزرگ در ماه‌های می تا ژوئن، رواناب سطحی (RD1) بین ۲۸/۳۸-۶/۲۶ درصد و رواناب زیر سطحی (RD2) بین ۸/۴۱-۴/۹۷ درصد کاهش داشته است (جدول ۳). مطالعات کروز (۱۰) نیز نشان داد منافذ بزرگ قادر به نگه‌داشت آب در خود نیستند لذا آب در جهت عمودی تحت نیروی گرانش به منافذ متوسط منتقل می‌شود. زمانی که منافذ متوسط از آب اشباع باشد، آب به این منافذ نفوذ نمی‌کند و در منافذ بزرگ باقی مانده و به صورت افقی حرکت کرده و سبب افزایش جریان زیر سطحی می‌گردد. در منافذ متوسط آب فقط می‌تواند به لایه‌های زیرین نفوذ کند یا توسط ریشه درختان مصرف شود.

دبی در خروجی حوضه تحت تأثیر بخش‌های مختلف هیدرولوژی حوضه می‌باشد. با کاهش رواناب سطحی و افزایش نفوذ به آب‌های زیرزمینی مقدار دبی خروجی حوضه کاسته می‌شود. در مطالعات یاو و همکاران (۲۸) احیای پوشش جنگلی و افزایش ۳۰ درصدی شاخص سطح برگ، کاهش جریان به میزان ۴۱ درصد در فصل خشک گزارش شده است که از مهم‌ترین علل آن کاهش میزان نفوذ آب به خاک در فصل مرطوب عنوان شده است.

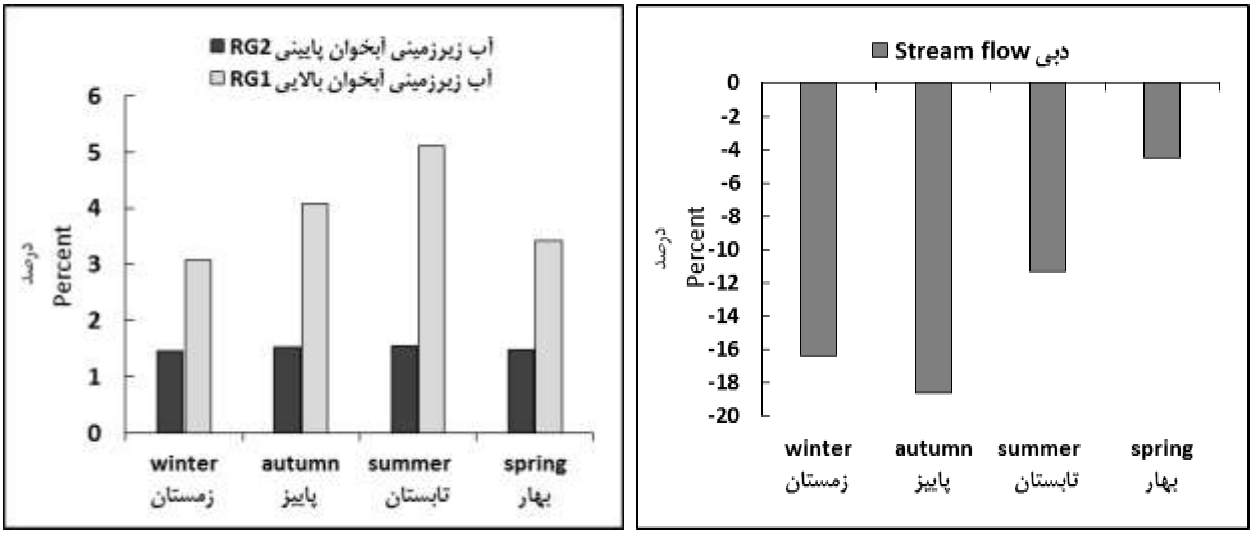
تغییرات فصلی هیدرولوژی حوضه

تغییرات فصلی رواناب سطحی (RD1)، زیر سطحی (RD2)، منافذ بزرگ (SatLPS)، متوسط (SatMPS)، نفوذ به آب‌های زیرزمینی (Per)، دبی و آب‌های زیرزمینی حوضه در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد در فصل بهار بیش‌ترین میزان آب در منافذ بزرگ ذخیره شده است که به تبع آن منافذ متوسط نیز فقط در فصل بهار بیش‌ترین ذخیره آب را به خود اختصاص داده‌اند. آب در منافذ متوسط تحت نیروی ثقل و شیب حوضه به صورت عمودی یا زیر قشری جریان می‌یابد. لذا فقط در فصل بهار آب‌های زیر قشری افزایش یافته است. همچنین میزان نفوذ به آب‌های زیرزمینی نیز در بیش‌ترین مقدار خود به میزان ۹/۶۱ درصد وجود خواهد داشت. رواناب سطحی (RD1) در هر چهار فصل کاهش خواهد یافت که بیش‌ترین کاهش در فصل پاییز به میزان ۶۲/۲۴ درصد خواهد بود. مطالعات سلمانی و همکاران (۲۰) در حوضه قزاقلی استان گلستان نیز نشان داد تغییر کاربری از جنگل به مرتع و همچنین از کشاورزی به مرتع سبب کاهش رواناب سطحی و افزایش نفوذ و آب‌گذری به آب‌های زیرزمینی می‌شود و نتایج پژوهش را تأیید می‌کند. همچنین با نتایج پالامونی و همکاران (۱۷) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع و مناطق مسکونی و زراعت همخوانی دارد.



شکل ۳- درصد تغییرات فصلی اجزاء هیدرولوژی حوضه

Figure 3- Seasonal percent change in hydrological components of the Watershed



شکل ۴- تغییرات فصلی دبی و آب‌های زیرزمینی حوضه

Figure 4- Seasonal changes in discharge and groundwater of the basin

نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت کاربری حوضه چهل‌چای نشان داد تغییرات مختلف کاربری اراضی در جهت منفی، قطع بیش از حد و مدیریت نشده درختان و افزایش غیر اصولی اراضی کشاورزی باعث تشدید وضعیت هیدرولوژی حوضه شده است. در این پژوهش برای ارزیابی بیلان آبی حوضه، کاربری‌های اراضی بر اساس قابلیت و توانایی آن‌ها تعیین گردید. سپس اثرات هیدرولوژیکی کاربری‌های اراضی بر وضعیت هیدرولوژی در حوضه آبخیز چهل‌چای با شبیه‌سازی‌های مدل هیدرولوژیکی ارزیابی شده است. در ابتدا مدل هیدرولوژیکی J2000 با استفاده از داده‌های جریان مشاهده شده ایستگاه خروجی حوضه واسنجی و اعتبارسنجی گردید. نتایج واسنجی نشان داد که مدل فرآیندهای هیدرولوژی حوضه را به خوبی شبیه‌سازی می‌کند و قابلیت استفاده در این پژوهش را دارد. پس از تعیین توانایی مدل، به صورت جداگانه کاربری فعلی و کاربری بهینه به همراه بارندگی دوره ۲۰۱۴-۱۹۹۲ به مدل وارد شد. نتایج شبیه‌سازی سناریوهای مختلف کاربری اراضی نشان می‌دهد با تغییر کاربری کشاورزی به جنگل، میزان رواناب سطحی به میزان ۲/۲۶ تا ۲۸/۳۸ درصد و زیر سطحی

بین ۰/۲۶ تا ۱۰/۱۳ درصد در کل حوضه کاهش داشته است. با کاهش سرعت رواناب سطحی، میزان نفوذ و آب‌های زیرزمینی به ترتیب بین ۰/۲۷ تا ۴/۳۲ و ۰/۴۸ تا ۱/۷ درصد افزایش یافته است. تغییرات هیدرولوژیکی در سطح حوضه دبی خروجی از حوضه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و با کاهش رواناب سطحی و زیر سطحی، میزان دبی در خروجی حوضه نیز بین ۰/۱۳ تا ۹/۲۶ درصد کاهش یافته است.

منابع

1- Arancibia J.L.P. 2013. Impacts of Land Use Change on Dry Season Flows Across the Tropics Forests as ‘Sponges’ and ‘Pumps ’. University of London PhD thesis. 262.
2- Arefi asl A., Najafi nejad A., Kiyani F., and Mahini andalradul S. 2012. Runoff and sediment simulation using SWAT model in Chehelchai watershed of Golestan province. Rangeland and Watershed Management 66(3): 433-446. (In Persian with English abstract)
3- Dickinson R.E. 1984. Modelling evapotranspiration for three-dimensional global climate models. In: Hansen, J.E., Takahasi, T. (Eds.), Climate Processes and Climate Sensitivity Geophysical Monograph Series 29, Washington.
4- Felix N., Simon S., and Markus W. 2002. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. Hydrology 267:74–79.
5- Fisher C., Kralisch S., Krause P., Fink M., and Flügel W.A. 2009. Calibration of hydrological model parameters with the JAMS framework. 18th World IMACS /MODSIM Congress, Cairns, Australia 13: 866-872.
6- Fullen M. 1998. Effects of grass ley set-aside on runoff, erosion and organic matter levels in sandy soils in East Shropshire, UK. Soil and Tillage Research 46: 41–49.
7- General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan Province, Watershed Management Unit, Watershed Management Studies. 2013,1-44. (In Persian with English abstract)
8- Guzha A.C., Rufinoa M.C., Okothb S., Jacobsa S., and Nóbregae R.L.B. 2018. Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. Journal of Hydrology: Regional Studies 15: 49–67.
9- Heidarloua H.B., Shafieia A.B., Erfanianb M., Tayyebic A., and Alijanpoura A. 2019. Effects of preservation policy on land use changes in Iranian Northern Zagros forests. Land Use Policy 81: 76-90.
10- Krause P. 2002. Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. Physics and Chemistry of the Earth 27: 663–673.
11- Lin B., Chen X., Yao H., Chen Y., Liu M., and Gao L. 2015. Analyses of landuse change impacts on catchment runoff using different time indicators based on SWAT model. Ecological Indicators 58: 55–63.
12- Liu J., Zhang C., Kou L., and Zhou Q. 2017. Effects of Climate and Land Use Changes on Water Resources in the Taoer River. Advances in Meteorology, 13 pages.
13- Miller J.D., and Hutchins M. 2017. The impacts of urbanization and climate change on urban flooding and urban water quality: a review of the evidence concerning the United Kingdom. Journal of Hydrology: Regional Studies 12: 345–362.
14- Minaei M., and Kainz W. 2018. Land Cover Change Dynamics Based on Intensity Analysis in Gorganrood Watershed, Iran. Journal of Agrculture Science Technology 20: 965-978.
15- Moriasi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., and Veith T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Trans. ASABE 50: 885–900.
16- Ott B., and Stefan U. 2004, quantifying the impact of land use changes at the event and seasonal time scale using a process-oriented catchment model. Hydrology and Earth System Sciences 8: 62–78.
17- Palamuleni L.G., Ndomba P.M., and Annegarn H.J. 2011. Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi. Journal of Regional Environmental Change 11(4): 845-855.
18- Paul M. 2016. Impacts of Land Use and Climate Changes on Hydrological Processes in South Dakota Watersheds. Thses and Dissertations. Paper 1018.
19- Sajikumar N., and Remya R.S. 2014. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. Journal Environment Management 161: 460-468.
20- Salmani H., Mohsenisaravi M., Rohuni H., and Salajeghah A. 2012. Evaluation of land use change and its effect on hydrological regime in Ghazaghli watershed of Golestan province. Journal of Watershed Management 3: 43-60. (In Persian with English abstract)
21- Shrestha M.K., Recknagel F., Frizenschaf J., and Meyer W. 2017. Future climate and land uses effects on flow and nutrient loads of a Mediterranean catchment in South Australia. Science of the Total Environment 15: 186–193.
22- Sohrabi A., and Chegini M.A. 2012. Evaluation of land suitability and radiation-thermal production potential of sugar beet by FAO method in the fields of Lorestan, Iran. Journal of Sugar Beet 27: 38-44.

23- Twine TE., Kucharik CJ., and Foley JA. 2004. Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi River basin. Journal of Hydrometeorology 5: 640–655.
24- Vahabzadeh GH., Navidifar Y., Habibnejad roushan M., and Abghari H. 2014. Investigating the Impact of Land Use Change on Daily River Flow Using HEC-HMS Model (Case Study: Ajrlu Watershed, West Azerbaijan Province). Journal of Soil and Water Science 24: 227-236. (In Persian with English abstract)
25- Wagner P.D., Murty Bhallamudi S., Narasimhan B., Kantakumar L.N., Sudheer K.P., Kumar SH., Schneider K., and Fiener P. 2016. Dynamic integration of land use changes in a hydrologic assessment of a rapidly developing Indian catchment. Science of the Total Environment 539: 153–164.
26- Watson A., Kralisch S., Künne A., Fink M., and Miller J. 2020. Impact of precipitation data density and duration on simulated flow dynamics and implications for ecohydrological modelling in semi-arid catchments in Southern Africa, Journal of Hydrology 1: 1-44
27- Wijesekara G.N., Gupta A., Valeo C., Hasbani J.-G., Qiao Y., Delaney P., and Marceau D.J. 2012. Assessing the impact of future land-use changes on hydrological processes in the Elbow River watershed in southern Alberta, Canada. Journal of Hydrology 412:413, 220–232.
28- Yao H.X., Hashino M., Xia J., and Chen X.H. 2009. Runoff reduction by forest growth in Hiji River basin, Japan. Hydrology Science Journal 54: 556–570.
29- Zehe E., and Sivapalan M. 2009. Threshold behavior in hydrological systems as (human) geo-ecosystems: manifestations, controls, implications. Hydrology and Earth System Sciences 13: 1273–1297.
30- Zhang X., CAO W., GUO Q., and WU S. 2010. Effects of landuse change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau.ELSEVIER 25: 283-293.
31- Zhang Y., Guan D., Jin C., Wang A., Wu J., and Yuan F. 2011. Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in Northeast China. Journal of Hydrology 410:239–247.
32- Zhang Y., Guan D., Jin C., Wang A., Wu J., and Yuan F. 2011. Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in Northeast China. Journal of Hydrology 410: 239–247.
33- Zhu Ch., and Li Y. 2014. Long-term hydrological impacts of land use/land cover change from 1984 to 2010 in the Little River Watershed, Tennessee. International Soil and Water Conservation Research 2: 11-22.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 2, May-June 2021, p. 179-188

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۴۰۰، ص. ۱۸۸-۱۷۹

Land Use Restoration Impacts on Hydrological Behavior of Chehel Chay Watershed of Golestan Province

R. Chamani[1]– M. Azari[2*]
Received: 12-08-2020
Accepted: 05-02-2021

Introduction: Over the past decades, millions of hectares of high-quality lands have been converted to other uses and low-yielding agriculture, which have had some unpleasant consequences for watershed hydrology. Analysis of hydrological responses of different basins to land use change has shown that correct land use balances the hydrological status of the basin, so that land use and the type and density of vegetation play an effective role in permeability and runoff reduction by changing humidity, soil organic materials and soil structure. Dimensions of hydrological effects of land capability in Chehel chay watershed in Golestan province, which is affected by land use change and deforestation, are more important. Therefore, this study seeks to investigate different scenarios of land use change and its effect on the hydrological status of the basin.

Materials and Methods: The J2000 hydrology model was used to simulate the hydrology of the basin. To better investigate the spatial and temporal variations of the hydrological parameters of the study area, it is divided into 2013 hydrological response units. After calibrating the J2000 hydrological model, the model was fed by rainfall data (1992-2014) and land use potential.

Results and Discussion: To evaluate the performance of the model, the dataset obtained in the time period of 2002-2014 was used for selection simulation and the first nine-years was considered as the calibration period and the remaining was considered as the validation period. The R^2 of 0.67 and 0.55, and NAS coefficients of 0.83 and 0.76 were found in the calibration and validation periods, respectively. According to the ranking of Moriasi et al., the model efficiency is "good" and can be used in the present study. Several studies with similar observational data have reported similar results. The results showed that in summer and in May and June, the emptiest space in LPS soil pores is 3.07 and 3.21%, respectively. Increasing the consumption of MPS soil pores has also increased, and from 0.5 to 1.69% of the empty pores in the average soil pores has increased in these months. Therefore, increasing water storage in LPS pores in the months of May to June, surface runoff (RD1) decreased within the range of 6.28-26.38%, and the range of subsurface runoff (RD2) reduction was 4.41-8.41%. The amount of water percolation into groundwater aquifers was positive, and the highest infiltration into groundwater ranged from 0.83 to 1.72% for fast section groundwater (RG1), and from 0.48 to 0.52% for groundwater. Large pores do not hold much water, and water is transferred vertically to medium pores under gravity. When medium pores are saturated with water, water does not penetrate into these pores and remains in large pores and moves horizontally, increasing the subsurface flow. The results indicate that deforestation in order to expand agricultural lands and inappropriate use of the lands are the most important problems. Moreover, population growth has exacerbated the condition, necessitating proper land use management and planning. The scholars have also stated that proper land use has important effects on the water balance of watersheds.

Conclusion: In this study, the hydrological effects of land uses on the hydrological situation in Chehel chay watershed have been evaluated by simulations of the hydrological model. Our results reveal that the unplanned land use changes, land clearing, and expansion of agricultural lands have intensified the hydrological situation of the basin. The peak discharge of surface and subsurface runoff in hydrological response units decreased and the rate of water infiltration into soil and groundwater increased. Reduction of surface and subsurface runoff has also decreased the discharge in the basin outlet.

Keywords: Chehelchai watershed, Land capability, Golestan, Hydrological model J2000, Hydrology

---

1 and 2- M.Sc. Gradaute and Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, College of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.azari@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.2021.15022.0